

**DISTRIBUSI KONSENTRASI RADIONUKLIDA  $^{137}\text{CS}$  DAN  
 $^{90}\text{SR}$  DI UDARA DAN DOSIS EFEKTIF RADIASI SEBAGAI  
DAMPAK KECELAKAAN REAKTOR KARTINI  
YOGYAKARTA BERDASARKAN SIMULASI  
MENGUNAKAN PC-COSYMA**



**Disusun Oleh:**

**HANIFAH NUR SYAFITRI**

**M0213040**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Agustus, 2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Distribusi Konsentrasi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  di Uda  
dan Dosis Efektif Radiasi sebagai Dampak Kecelakaan  
Reaktor Kartini Yogyakarta berdasarkan Simulasi  
Menggunakan PC-COSYMA

Yang ditulis oleh:



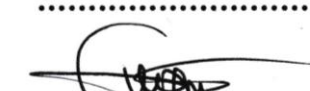

Nama : Hanifah Nur Syafitri  
NIM : M0213040

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada:

Hari : Selasa  
Tanggal : 1 Agustus 2017

Anggota Tim Penguji :

1. Ketua Penguji  
Dr. Fuad Anwar, S.Si, M.Si  
NIP. 19700610 200003 1 001
2. Sekretaris Penguji  
Budi Legowo, S.Si, M.Si  
NIP. 19730510 199903 1 002
3. Anggota Penguji 1  
Drs. Suharyana, M.Sc.  
NIP. 19611217 198903 1 003
4. Anggota Penguji 2  
Dr. Diah Hidayanti, S.T, M.T  
NIP. 19810114 200501 2 001

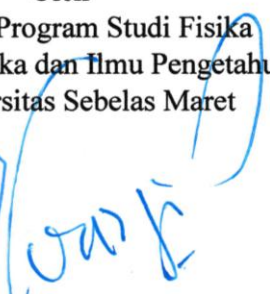
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....

Disahkan pada tanggal 15-09-2017

Oleh

Kepala Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret



  
**Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si**  
NIP. 19721013 200003 1 002

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi skripsi saya yang berjudul “Distribusi Konsentrasi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Skripsi tidak berisi materi yang telah diajukan mendapat gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di bagian ucapan terima kasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa memberitahu penulis.

Surakarta, 29 Juli 2017

HANIFAH NUR SYAFITRI

## **MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S. Al- Baqarah : 286)

“Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Al-Insyiroh : 5-6)

“Kebanggaan kita terbesar bukan karena tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali ketika jatuh”

(Confusius)

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan kasih sayang yang tiada henti.
2. Seluruh keluarga besar, yang juga turut mendoakan dan tak henti memberi semangat.
3. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc dan Ibu Dr. Diah Hidayanti, S.T, M.T yang telah membimbing saya dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Dra. Riyatun, M.Si yang telah berbagi ilmu dan pengalaman.
5. Rekan-rekan Grup Riset Nuklir dan Radiasi, Desintha, Qisma, Feni, Ajeng, Aulia, Uswa, Rara, Dian, Wara, Arum dan Yunita yang telah mau menularkan ilmunya dalam berdiskusi serta saling menularkan semangat.
6. Dek Hana dan Dek Hasya yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat ketika merasa lelah.
7. Mas Didik D yang ikut memberikan semangat.
8. Teman-temanku EMF Fisika Angkatan 2013
9. Kakak dan adik tingkat yang selalu memberikan bantuan, semangat, dan doa agar dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu.
10. Puri Peri, khususnya Lathifah, Maulidiah, dan Aisyah yang selalu memberi dukungan, semangat dan menorehkan canda tawa.

**Distribusi Konsentrasi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA**

Hanifah Nur Syafitri

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret

Telah dilakukan simulasi kecelakaan reaktor Kartini dengan *software* PC-COSYMA. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang terjadi pada reaktor Kartini ditinjau dari distribusi konsentrasi radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  di udara dan dosis efektif radiasi. Kecelakaan ini disimulasikan dengan melelehnya sejumlah bahan bakar yaitu 6, 16, 34, 57, dan 69 elemen bakar. Pada proses menggunakan ORIGEN2, reaktor dioperasikan selama 897 hari, dengan total 69 elemen bakar, daya maksimum 250 kW. Setelah itu, dilakukan simulasi kecelakaan reaktor dengan PC-COSYMA. Data yang diperlukan berupa kecepatan udara 5,28 m/s, stabilitas atmosfer saat keadaan sangat tidak stabil, arah angin  $135^\circ$ , jarak 60 km, dan kepadatan penduduk sebanyak 2570 jiwa/km<sup>2</sup>. Hasil simulasi pada variasi 69 pada jarak 0,25 km elemen bakar menunjukkan nilai konsentrasi tertinggi yaitu pada  $^{137}\text{Cs}$   $(2,14 \pm 0,015) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$  dan pada  $^{90}\text{Sr}$   $(2,08 \pm 0,01) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ . Nilai tersebut melebihi batas yang diijinkan. Oleh karena itu, dosis yang diterima masyarakat juga cukup tinggi yaitu 1,17 mSv. Dosis tersebut melebihi batas yang diijinkan, sehingga diperlukan tindakan penanggulangan.

Kata kunci: aktivitas, konsentrasi udara, deterministik, dampak radiologi.

# **Distribution Radionuclide Concentration $^{137}\text{Cs}$ dan $^{90}\text{Sr}$ in the Air and Effective Radiation Dose as Effect Nuclear Accident Based Simulation Using PC-COSYMA**

Hanifah Nur Syafitri

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret

## **ABSTRACT**

*Simulation about accident nuclear of Kartini reactor has been done by using PC-COSYMA. This simulation aims to knows the possible impact that can happen in Kartini reactor reviewed from distribution radionuclide concentration of  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  in the air and effective radiation dose. The simulation of nuclear accident has been done with varying melted fuel element, namely 6, 16, 34, 57, and 69 fuel elements. On process using ORIGEN, the operation time of reactor 897 day, the total fuel element that 69 fuel element, the maximum power is 250 kW. After it, then doing simulation about reactor accident by PC-COSYMA. Its need data about wind speed 5.28 m/s, stability atmosfer on extremely unstable, wind direction used  $135^\circ$ , the radii is 60 km, and population density is 2570 person/km<sup>2</sup>. The result from simulation on variation 69 fuel elements on radii 0.25 km shows the highest concentration its  $^{137}\text{Cs}$   $(2.14 \pm 0.015) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$  and  $^{90}\text{Sr}$   $(2.08 \pm 0.01) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ . That value is highest that permitted limit. After that the dose that receive by people also have a highest value its 1.17 Sv. The value of dose also highest from limit dose value, then its need counter measure step.*

*Keywords: activity, air concentration, deterministic, radiology effect.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allaah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya berupa ilmu, inspirasi, kesehatan, dan keselamatan. Atas kehendak-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Distribusi Konsentrasi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA”**.

Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Peneliti menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fahru Nurosyid, S.Si, M.Si. Selaku Kepala Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Drs. Suharyana M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
3. Ibu Dr. Diah Hidayanti S.T, M.T, selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Ibu Dra. Riyatun. Selaku Dosen Pembimbing Grup Riset Nuklir dan Radiasi.
5. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Semoga amal baik semua pihak tersebut mendapatkan imbalan dari Allah SWT.

Peneliti menyadari skripsi yang telah dikerjakan ini masih banyak kekurangan. Akan tetapi, penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surakarta, 29 Juli 2017

Hanifah Nur Syafitri



## **PUBLIKASI**

Makalah skripsi saya yang berjudul “Distribusi Konsentrasi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$  di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA” telah di submit pada repository UNS dengan URL sebagai berikut:

<https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/57905Analisis-konsentrasi-udara-akibat-kecelakaan-rekator-kartini-ditinjau-variasi-bahan-bakar-yang-meleleh-dengan-software-PC-cosyma>

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	vi
<b>HALAMAN ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>HALAMAN PUBLIKASI</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Batasan Masalah .....	3
1.3. Perumusan Masalah .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Reaktor Nuklir .....	5
2.1.1. Reaktor Kartini .....	5
2.2. Reaksi Fisi .....	8
2.3. Karakteristik Radionuklida Hasil Fisis .....	10
2.4. Radioaktivitas .....	11
2.5. Paparan dan Dosis .....	12
2.5.1. Paparan .....	12
2.5.2. Dosis Serap (D) .....	12
2.5.3. Dosis Ekuivalen .....	12
2.5.4. Dosis Efektif .....	13
2.6. Interaksi Radiasi terhadap Tubuh .....	14
2.7. Klasifikasi Efek Radiasi pada Tubuh .....	16
2.8. Jatuhan Radioaktif .....	17
2.9. PC-COSYMA .....	18
3.0. ORIGEN2 .....	20
3.1. Tindakan Protektif .....	21
3.2. Badan Pengawas Tenaga Nuklir .....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.2. Alat dan Bahan .....	23
3.3. Prosedur Penelitian .....	23
3.3.1. Perhitungan Massa Elemen Bahan Bakar UZrH .....	26
3.3.2. <i>Software</i> ORIGEN2 .....	26

3.3.2.1. Persiapan <i>file</i> Paket ORIGEN2 .....	26
3.3.2.2. Pembuatan <i>Input</i> .....	26
3.3.2.3. Proses <i>Running</i> .....	27
3.3.2.4. Hasil Perhitungan ORIGEN2 .....	28
3.3.3. <i>Software</i> PC-COSYMA .....	28
3.3.3.1. Pembuatan <i>Input Interface</i> .....	29
3.3.3.2. Hasil Simulasi PC-COSYMA.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	32
4.1. Perhitungan Massa Bahan Bakar UZrH .....	32
4.2. Hasil Perhitungan ORIGEN2 .....	32
4.3. Hasil Perhitungan PC-COSYMA .....	34
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	44
5.1. Simpulan .....	44
5.2. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	46
<b>LAMPIRAN</b> .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Dimensi kisi reaktor TRIGA.....	6
Tabel 2.2. Spesifikasi bahan bakar reaktor Kartini .....	6
Tabel 2.3. Jumlah elemen bakar UZrH tiap <i>ring</i> pada teras reaktor Kartini .....	8
Tabel 2.4. Pancaran radiasi radionuklida .....	11
Tabel 2.5. Nilai Faktor Bobot Radiasi .....	13
Tabel 2.6. Kategori kelas stabilitas Pasquill-Gifford .....	20
Tabel 4.1. Perhitungan massa variasi elemen bakar .....	32
Tabel 4.2. Nilai aktivitas radionuklida .....	34

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konfigurasi teras reaktor Kartini .....	7
Gambar 2.2. Pembagian <i>ring</i> pada teras reaktor Kartini .....	8
Gambar 2.3. Grafik Hasil Fisi $^{235}\text{U}$ terhadap Nomor Massa .....	9
Gambar 2.4. Susunan Kromosom .....	15
Gambar 2.5. Skema Efek Radiasi terhadap Sel .....	16
Gambar 2.6. Skema terjadinya jatuhnya radioaktif .....	18
Gambar 3.1. Diagram alir <i>software</i> ORIGIN .....	24
Gambar 3.2. Diagram alir <i>software</i> PC-COSYMA .....	25
Gambar 3.3. Pembagian sektor .....	30
Gambar 3.4. Arah mata angin .....	30
Gambar 3.5. Arah angin bulan Juni .....	31
Gambar 4.1. <i>Output software</i> ORIGIN2 69 elemen bakar .....	33
Gambar 4.2. <i>Output</i> konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada 69 elemen bakar sektor 1 hingga sektor 10 .....	35
Gambar 4.3. <i>Output</i> konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada 69 elemen bakar sektor 11 hingga sektor 16 .....	35
Gambar 4.4. <i>Output</i> dosis hasil <i>running</i> PC-COSYMA pada 69 elemen bakar sektor 1 hingga 10 .....	36
Gambar 4.5. <i>Output</i> dosis hasil <i>running</i> PC-COSYMA pada 69 elemen bakar sektor 11 hingga 16 .....	36
Gambar 4.6. Grafik hubungan konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ terhadap jarak 60 km .....	37
Gambar 4.7. Grafik hubungan konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ terhadap jarak 60 km .....	37
Gambar 4.8. Grafik hubungan konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ terhadap jarak 10 km .....	38
Gambar 4.9. Grafik hubungan konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ terhadap jarak 10 km .....	38
Gambar 5.0. Grafik Distribusi konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ sebagai Fungsi dari Sektor dan Jarak .....	39
Gambar 5.1. Grafik Distribusi konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ sebagai Fungsi dari Sektor dan Jarak .....	39
Gambar 5.2. Grafik distribusi konsentrasi $^{137}\text{Cs}$ pada jarak 60 km sektor 14 sampai 16 .....	40
Gambar 5.3. Grafik distribusi konsentrasi $^{90}\text{Sr}$ di udara pada jarak 60 km sektor 14 sampai 16 .....	40
Gambar 5.4. Grafik hubungan dosis pada jarak 60 km .....	42
Gambar 5.5. Grafik hubungan dosis pada jarak 10 km .....	42

## DAFTAR SIMBOL

$\alpha$	= radiasi alfa
$\gamma$	= radiasi gamma
$\beta$	= radiasi beta
$X(x,y,z)$	= konsentrasi aktivitas dalam udara pada titik (x,y,z) (Bq/m <sup>3</sup> )
$x$	= jarak ke arah angin bertiup (m)
$y$	= jarak ke arah sumbu y yang tegak lurus arah angin (m)
$z$	= tinggi dari atas tanah dimana konsentrasi diukur (m)
$\sigma_y$	= standar deviasi distribusi horizon Gauss (m)
$\sigma_z$	= standar deviasi distribusi vertical Gauss (m)
$Q_o$	= laju lepasan (Bq/detik)
$u$	= kecepatan angin rata-rata (m/detik)
$h\ell$	= tinggi efektif lepasan (m)